

20152500/A

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

水道における水質リスク評価および管理
に関する総合研究

平成27年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 松井 佳彦（北海道大学）

平成28(2016)年 3月

厚生労働科学研究費補助金

健康安全・危機管理対策総合研究事業

水道における水質リスク評価および管理に関する総合研究

平成27年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 松井 佳彦

平成28（2016）年 3月

目 次

I. 総括研究報告	
水道における水質リスク評価および管理に関する総合研究-----	1
松井 佳彦	
II. 分担研究報告	
1. 微生物に関する研究 -----	21
泉山 信司, 秋葉 道宏, 松下 拓, 片山 浩之	
2. 化学物質・農薬に関する研究 -----	47
浅見 真理, 西村 哲治	
3. 消毒副生成物に関する研究 -----	55
伊藤 慎彦, 浅見 真理, 松下 拓, 小坂 浩司, 越後 信哉	
4. リスク評価管理に関する研究 -----	83
浅見 真理, 大野 浩一, 広瀬 明彦, 小野 敦	
5. 水質分析法に関する研究 -----	111
小林 憲弘, 川元 達彦, 門上 希和夫	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	159
IV. 研究成果の刊行物・別刷 -----	161

平成 27 年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
総括研究報告書

水道における水質リスク評価および管理に関する総合研究

研究代表者 松井 佳彦 北海道大学大学院工学研究院 教授

研究要旨

表流水に比較的高濃度で存在する PMMoV トウガラシ微斑ウイルス (PMMoV) と各種ウイルス (アデノウイルス, コクサッキーウイルス, A 型肝炎ウイルス, マウスノロウイルス) は同程度の凝集沈澱処理除去が得られ, PMMoV はウイルスの指標として有効と期待された. 急速砂ろ過法による実浄水場では PMMoV の除去率は 4.3-Log であった. クリプトスポリジウム遺伝子検出法の適用実績はまだ少なく, さらなる知見の積み重ねと応用が求められていることから, 相模川河川水を試料として検鏡法と qRT-PCR 法の比較を継続した. 2 法の定性的な一致率は 78% であり概ねの対応が得られた.

農薬の実態調査では, 河川水で 61 種, 原水 75 種, 浄水 41 種の農薬が検出されたが, この中には農薬分類の見直しで対象農薬に加わった農薬が多く含まれ濃度や個別農薬評価値などが高いものもあった. テフリトリオンは通常の粉末活性炭の添加量では十分に除去されないことが示された. また, 塩素処理によりほぼ全て, 農薬評価書にテフリトリオンの分解物 B として報告のある 2-chloro-4-methyl-3-[(tetrahydro furan-2-yl-methoxy) methyl] benzoic acid (以下分解物 B) へ変化し, 浄水中で検出された. 処理特性や分解物のモニタリングの必要性も検討していく必要がある. ニテンピラム, テフリトリオンは塩素処理によりすみやか, ブロマシルは緩やかに分解する.

化学物質の検出状況について検討したところ, 1,2-エポキシプロパン (酸化プロピレン), アクリロニトリル, ヘキサメチレンテトラミン, ヒドラジン等の検出濃度が仮の評価値に比べて高かった.

消毒副生成物関連は次のようである. 塩素処理によってホルムアルデヒドを生成する浄水処理対応困難物質等のうち 8 物質を検討し, 全てオゾンと GAC の組み合わせにより処理性が得られることを確認した. 有機アミノ化合物は BAC 処理によって除去できることを確認した. 中間塩素処理と粉末活性炭処理を組み合わせたハロ酢酸制御においては, 紫外域吸光度が管理指標として有用であることを見出した. *p* 位に置換基 (特にアルキル基) を有するフェノール類は, ハロベンゾキノン前駆物質となる傾向があることを示した. 揮発性窒素化合物濃度は臭気強度と高水温期においても, トリクロラミンよりも相関が強かった. 活性炭によるトリクロラミン分解は活性炭細孔表面における疑 1 次と還元的官能基と 2 次反応によりモデル化できた.

リスク評価管理関連は次のようである. 突発的水質事故事象に対するマニュアル類の整備と複数マニュアルの関連性についての事例を示し, さらに, 米国 EPA の水質異常発生時の周知方法の重要点を整理した. 米国の水質事故においては Do Not Use 指令中においても約 37% の世帯が水道水を使用していた. 海外諸国においては, 短期間の水道水摂取による深刻な健康影響が

懸念されない限り、水質基準超過による給水停止は基本的にあり得ない選択肢であった。トリクロロエチレンは現行の基準値の水道水の使用を想定すると過半数以上の方が耐容一日摂取量を超える暴露量となる可能性が示唆され、さらなる詳細評価の必要性が明らかになった。日本人成人の潜在的水道水摂水量は、冬：平均値 1.55, 中央値 1.45, 90%値 2.33, 95%値 2.64。夏：平均値 1.76, 中央値 1.64, 90%値 2.67, 95%値 3.12 であった。亜急性評価値を用いて、成人及び小児を対象とし、短期的な水道水質汚染が生じた際に参考とすべき水道水中濃度を 19 項目について提案した。パーフルオロカルボン酸 (PFCA)類の毒性強度の差の要因には、被験物質に不純物として含まれていた、炭素鎖のより短い PFCA 類やそれらの分岐型異性体類が毒性発現に関与している可能性が考えられた。

水質分析法に関する成果は以下のものである。現在の標準検査法では、固相抽出による前処理後に GC/MS や LC/MS で分析している農薬および標準検査法のない 140 農薬を対象に、前処理を行わずに LC/MS/MS に直接注入して一斉分析できるかどうかを検討した。目標値の 1/100 超 1/10 以下の濃度では 114～117 物質が、目標値の 1/100 以下の濃度においても 105 物質が妥当性評価ガイドラインの真度および併行精度の目標を満たした。質量分析計を用いたフローインジェクション分析法による水試料中の非イオン界面活性剤の同定手法の検討では、対象とした 13 種類全ての界面活性剤の検出下限値はいずれも 1mg/L 程度であった。LC-高分解能 MS を用いたターゲットスクリーニング手法の検討では、開発した固相抽出-LC-TOF/MS スクリーニング分析法を実試料に適用した結果、開発法が LOCs のスクリーニングに有効である事が確認された。

これらの成果は 29 編の論文により公表され、8 件の厚生労働告示や通知、厚生科学審議会 (生活環境水道部会)等の資料に資された。

研究分担者	所属機関	職名
秋葉 道宏	国立保健医療科学院	統括 研究官
浅見 真理	国立保健医療科学院 生活環境研究部	上席主任 研究官
泉山 信司	国立感染症研究所 寄生動物部	主任 研究官
伊藤 禎彦	京都大学 大学院工学研究科	教授
越後 信哉	京都大学 大学院工学研究科	准教授
大野 浩一	国立保健医療科学院 生活環境研究部	上席主任 研究官
片山 浩之	東京大学大学院工学 系研究科	准教授

門上希和夫	北九州市立大学 国際環境工学部	教授
川元 達彦	兵庫県立健康生活科学 研究所健康科学部	研究主 幹
小坂 浩司	国立保健医療科学院 生活環境研究部	主任 研究官
小林 憲弘	国立医薬品食品衛生研 究所生活衛生化学部	室長
西村 哲治	帝京平成大学薬学部	教授
広瀬 明彦	国立医薬品食品衛生研 究所総合評価研究室	室長
小野 敦	国立医薬品食品衛生研 究所総合評価研究室	主任 研究官
松下 拓	北海道大学 大学院工学研究院	准教授

A. 研究目的

本研究の目的は、水道水質基準の逐次見直しなどに資すべき化学物質や消毒副生成物、設備からの溶出物質、病原生物等を調査し、着目すべき項目に関してそれらの存在状況、監視、低減化技術、分析法、暴露評価とリスク評価に関する研究を行い、水道水質基準の逐次改正などに資するとともに、水源から給水栓に至るまでの水道システム全体のリスク管理のあり方に関して提言を行うことにある。研究目的を、微生物、化学物質、消毒副生成物、リスク評価管理、水質分析法について詳述すると以下のようである。

微生物： 配管の内壁に付着した従属栄養細菌数は海外において 100 cm² あたり 1.1×10⁶~5.75×10⁶ CFU であったとの報告があるが、国内ではほとんど調査事例は見られない。そこで従属栄養細菌数の応用例として滞留のおそれがある配管の内壁に付着した従属栄養細菌数の実態を明らかにする。Legionella 属菌は、平成 27 年度の患者届出数が年間 1,600 弱例と多く、対策が求められている。昨年度に引き続き、ビル建築物や病院等の、蛇口における Legionella 属菌の汚染状況の調査を企図した。

ウイルスによる水系感染症が発生しないようにしていくためには、浄水工程におけるウイルスの処理性、すなわち除去率を的確に把握した上で効果的かつ効率的な浄水管理を施すことが重要となる。環境中で最も濃度が高く検出されるトウガラシ微斑ウイルス（以下、PMMoV）と、その他のウイルスの除去率を比較した。クリプトスポリジウムについては、集団感染を防ぐのに必要な浄水について考察した。クリプトスポリジウム遺伝子検出法の適用実績はまだ少ない。昨年において検鏡法と遺伝子検出法を比較検討した。さらに、検鏡法における計数を簡便化するため、MPN 法の適用を検討した。

化学物質・農薬： 水道水源で使用される農薬の実態調査を実施し、検出傾向の解析を行う。地域スケールによる検出のおそれのある農薬の違いを検討する。ネオニコチノイド系農薬について、実態調査、浄水処理性、様々な反応生成物を含むバイオアッセイ手法に関する検討を行う。農薬以外の化学物質については管理のあり方について提案を行う。

消毒副生成物： 水質基準の改正に際して重要と考えられる事項として、ホルムアルデヒド、

ジクハロベンゾキノン、ハロ酢酸、N-ニトロソジメチルアミン(NDMA)等を対象に、生成実態、分析技術、低減策について調査すること目的とした。また、カルキ臭の原因物質に着目して、実態調査とモニタリング・制御技術に関する検討を行い、低減化方策を示すことを目的とした。

リスク評価管理： 突発的な水質事故発生時などの非常時に市民の安全と公衆衛生を確保するため、摂取制限による給水継続の対応を含めた水質異常時の対応のあり方に関する検討を、昨年度に引き続き行った。さらに、本年度は、特に水質異常時の広報対応について焦点を当て、米国環境保護庁(EPA)が作成した公衆通知ハンドブックの翻訳に基づき広報通知の内容に関する検討を行った。経口曝露換算の総潜在用量、割当率および間接飲水量の推定について、トリクロロエチレン (TCE)、テトラクロロエチレン(PCE)を検討対象とした。また、日本人成人の摂水量に関するアンケート調査結果を再検討し、成人の潜在的な水道水摂取量(pTWI: potential Tap Water Intake)分布を推定することを目的とした。

昨年度までに、日本の水質基準項目 18 項目について食品安全委員会の評価書を基に亜急性評価値[Subacute Reference Dose; (mg/kg/day)]を算出した。本年度は、この値を用いて、短期的な水道水質汚染が生じた際に参考とすべき水道水中濃度 [参照値 (mg/L)]の算出を試みた。環境中での残留性が高く、ヒト健康への影響が懸念されているパーフルオロカルボン酸(PFCA)類は、炭素数 12 以上の長鎖 PFCA については、炭素数が長い程毒性は弱まることが明らかとなっているが、この長鎖 PFCA 類の毒性強度の違いの要因について考察した。

水質分析法： 水質分析に有用かつ必要性の高い新規分析法を開発するとともに、平常時および異常発生時の簡便かつ網羅的な水質スクリーニング手法についての検討を継続して実施した。また、これらの分析法の妥当性評価を行うとともに、水道事業体および地方衛生・環境研究所、保健所に普及させることで、水質検査に関わる機関の分析技術の向上と水質監視体制の強化を図ることを目的とした。

B. 研究方法

原水や水道水質の状況、浄水技術について調査研究を行うため、微生物、化学物質・農薬、消毒副生成物、リスク評価管理、水質分析法の

5 課題群—研究分科会を構築し、研究分担者 15 名の他に 43 もの水道事業体や研究機関などから 83 名の研究協力者の参画を得て、各研究分担者所属の施設のみならず様々な浄水場などのフィールドにおける実態調査を行った。

水質項目は多岐にわたるため、上述の研究目的に沿って 5 課題群に分けて、研究分科会を構成し、全体会議などを通じて相互に連携をとりながら並行的に研究を実施した。研究分科会は、微生物分科会（研究分担者 4 名、研究協力者 15 名）、化学物質・農薬分科会（研究分担者 2 名、研究協力者 14 名）、消毒副生成物分科会（研究分担者 5 名、研究協力者 14 名）、リスク評価管理分科会（研究分担者 4 名、研究協力者 18 名）、水質分析分科会（研究分担者 3 名、研究協力者 9 名）である。

微生物、化学物質・農薬、消毒副生物、リスク評価管理、水質分析法の 5 課題群それぞれの研究方法の詳細は、分担研究報告書を参照されたい。

倫理面への配慮：本研究では、ラットの血清中濃度を測定しているが、実験動物に対する動物愛護等を配慮して実施した過去の別研究で採取した試料を用いているので、該当しない。

C. 研究結果と考察

(1) 微生物

従属栄養細菌数：水の滞留部分、赤錆の苦情があった配管において、配管内面から高い従属栄養細菌数が検出された。配管の末端やブロック化により流速が遅く濁質が蓄積することが問題と考えられた。滞留が発生しない、配管を健全に維持するための設計や工事方法の工夫が必要と考えられた。

レジオネラ属菌：これまで注意が払われていなかった、蛇口の初流水を狙ってレジオネラを検査した。新築の特定建築物において、入居前の時点で既に水道水の滞留によると考えられる微生物汚染が発生していた。入居後は一般細菌数等の減少がみられたものの、レジオネラ属菌は継続して検出され、除去困難なバイオフィルムの定着が想像された。医療機関の蛇口からもレジオネラ属菌が検出された（表 1）。例えば、医療機関 E では蛇口から採取した水試料 16 検体中の 6 検体（38%）、及び共用場所の洗面台の蛇口のスワブ検体 14 検体中の 2 検体（14%）から培養で検出された。検出率は機

関により若干異なるが、遊離残留塩素濃度との関連が示唆された。病院等の慢性的な大容量貯水の滞留には追加塩素を行うこと、施設にかかわらず遊離残留塩素 0.2 mg/L 以上が検出されるまで捨て水する等の、注意喚起が必要と考えられた。

表 1 医療機関の蛇口初流水における、レジオネラ培養陽性となった試料一覧

医療機関	温度	pH	残留塩素	LAMP	検出菌	菌数 (CFU/100ml)
D 病室 1 蛇口	26.9	7.7	<0.1	-	<i>L. pneumophila</i> SG5	20
				-	<i>Legionella</i> sp	
病室 2 蛇口	25.3	7.8	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG1	1,670
				+	<i>L. pneumophila</i> SG5	
					<i>Legionella</i> sp	
洗面台 1	26.4	7.8	<0.1	-	<i>L. pneumophila</i> SG5	50
洗面台 2	28.8	7.8	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG5	10
処置室給湯	31.5	7.8	<0.1	+	<i>Legionella</i> sp	10
浴室蛇口	36.1	7.7	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG5	40
談話室 蛇口	29.2	7.8	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG5	180
手術室 水道	23.5	7.8	<0.1	-	<i>L. feelei</i> SG1	130
手術室 洗浄蛇口	24.7	7.8	<0.1	+	<i>Legionella</i> sp	3,320
受水槽	18.0	7.8	0.11	+	<i>L. pneumophila</i> SG5	120
E 病棟 廊下 洗面台 1	33.7	7.5	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG1	610
				+	<i>L. pneumophila</i> SG1	
病棟 廊下 洗面台 2	33.4	7.5	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG5	10
病室 1 蛇口	31.1	7.5	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG1	90
病室 2 蛇口	33.4	7.6	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG1	1,910
					<i>L. feelei</i> SG1	
談話室 蛇口	26.7	7.5	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG1	3,600
談話室 蛇口 スワブ				-	<i>L. pneumophila</i> SG1	
スカーション	33.6	7.6	<0.1	+	<i>L. pneumophila</i> SG1	3,500
F 談話室 蛇口 1	26.7	7.5	0.15	+	<i>Legionella</i> sp	430
				+	<i>Legionella</i> sp	
談話室 蛇口 2	30.9	7.6	0.14	-	<i>Legionella</i> sp	270
病棟 洗面台	35.3	7.4	0.16	-	<i>Legionella</i> sp	130
病室 蛇口	28.5	7.4	0.16	-	<i>Legionella</i> sp	20

ウイルス：ポリ塩化アルミニウムを用いた凝集沈澱-砂ろ過処理におけるアデノウイルス、コクサッキーウイルス、A 型肝炎ウイルス、マウスノロウイルスの除去率は、PCR 法にて評価した場合、それぞれ 1.4-2.4 log, 0.9-2.7 log, 0.8-2.4 log, 0.8-2.0 log であった。図 2 に示すように、トウガラシ微斑ウイルスの除去率と各ウイルスの除去率の間には高い相関関係が認められたことより、トウガラシ微斑ウイルスが、水系感染症ウイルスの凝集沈澱-砂ろ過処理性を評価する上で有効な代替指標と成り得る可能性が示唆された。さらに、表 XX に示すように、水道原水中に PMMoV が $10^{4.52 \pm 0.49}$ copies/L と桁違いに高濃度で存在することが示された。処理過程や最終浄水を含む各種試料中の陽性率も、PMMoV が最も高かった。凝集・沈殿および急速砂ろ過による処理（処理工程 D）のウイルス除去率を評価し、処理工程 D 全体における PMMoV の除去効率が 4.3-Log 以上であった。昨年度の処理工程 B 全体における 5.2-Log より若干低い、凝集剤添加なしの急速砂ろ過（処理工程 C）や緩速ろ過（処理工程 A）の 1~2-Log より遥かに高かった（表 2）。

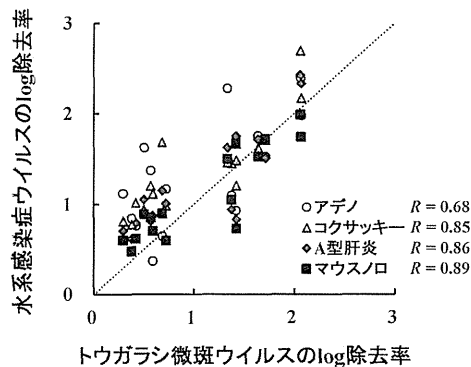


図2 凝集沈殿、およびろ過処理における、水系感染症ウイルスとトウガラシ微斑ウイルスの除去性

表2 各種試料中のウイルスの存在状況

ウイルス	原水中の濃度 (Log ₁₀ copies/L)*	各種試料における陽性率
RNA AIV	2.55 ± 0.31 (n=3)	19% (18/43)
NoV GI	1.74 (n=1)	11% (5/46)
Virus NoV GII	2.39 ± 0.62 (n=9)	54% (25/46)
PMMoV	4.52 ± 0.49 (n=17)	83% (38/46)
DNA AdV 40/41	2.61 ± 1.21 (n=12)	41% (19/46)
Virus JC PyV	1.82 ± 0.41 (n=11)	33% (15/46)

* Limit of detection: RNA viruses, 0.92 - 1.06 Log₁₀ copies/L; DNA viruses, 0.98 - 1.12 Log₁₀ copies/L.

AIV: アイチウイルス、NoV GI, GII: ノロウイルス遺伝子型 GI と GII, PMMoV: トウガラシ微斑ウイルス、AdV 40/41: アデノウイルス 40 又は 41 型、JC PyV: JC ポリオーマウイルス

クリプトスポリジウム: 検鏡法と遺伝子検出法の定性的な一致率は、クリプトスポリジウムは 78%, ジアルジアは 81% と概ね良好であった。遺伝子増幅産物の塩基配列は、相模川ではブタ由来の *C. suis* が多く検出された。*C. suis* は小鮎川、中津川において高頻度で検出されたことから、相模川の原虫汚染はこれらの支川の影響が大きいと推察された。遺伝子増幅産物の塩基配列の解読によるクリプトスポリジウムの種の同定は、調査流域の汚染原因の推定に有用と考えられた。多数のクリプトスポリジウムの検出が想定される場合には、格子入り観察フィルター上でクリプトスポリジウムを均一に分散させ、MPN 法による計数が有効であることが分かった。クリプトスポリジウム症の大規模集団感染を防ぐのに必要なバリアを、過去の大規模集団感染における患者発生数に着目して推定した。集団感染では数千人から数十万人、すなわち 3-Log から 6-Log 弱が発生しており、

10 日間かけて蓄積したと想定した場合、この患者数を 0 人に抑えるには合計で 3-Log ないし 5-Log 程度となるマルチプルバリアの導入が推奨との単純計算ができた。

(2) 化学物質・農薬

農薬出荷量はこれまで減少を続けてきたが、平成 25 農薬年度に平成元年以降はじめて増加に転じ、平成 26 農薬は昨年とほぼ同量出荷量であった。平成 26 農薬年度における農薬の用途別農薬製剤出荷量は、平成元年比で、殺虫剤 46%、殺菌剤 44%、殺虫殺菌剤 33%、除草剤 52% であり、約 1/3~1/2 まで減少しているが、10 年前と比べると除草剤は増加傾向にある。

実態調査では、河川水で 61 種、原水 75 種、浄水 41 種の農薬が検出されている。原水では、検出最大濃度が 1µg/L を超えた農薬はプロモブチドなどの 10 農薬であり、このうちメトミノストロビン、クミルロンは農薬分類の見直しで対象農薬に加わった農薬である。これ以外にもブタクロール、ピラクロニルが新たに対象農薬に加わった農薬で、検出最大濃度で上位にランクされた。個別農薬評価値が高い農薬としては、先にあげた 4 農薬に加えてキノクラミン、フェントラザミドが新たに対象農薬に加えられた農薬であった。積算検出濃度が高い農薬に関しては前述の農薬に加え、メトミノストロビン、オリサストロビンが新たに対象農薬に加えられた農薬である。浄水では、検出最大濃度が 0.1µg/L を超えた農薬は 14 農薬であり、昨年の 9 農薬と比べて増加した。検出最大濃度が上位にランクされた農薬のうちメトミノストロビン、ブタクロール、ピラクロニル、クミルロン、フェントラザミド、ベンフレセート、オリサストロビンが新たに対象農薬に加えられた農薬である。

テフリトリオンは昨年度調査よりは検出濃度は低いものの、他の農薬と比べ高い濃度および個別農薬評価値で検出されていた。また、通常の粉末活性炭の添加量では十分に除去されないことが示された。テフリトリオンは塩素処理によりほぼ全て、農薬評価書にテフリトリオンの分解物 B として報告のある 2-chloro-4-methyl-3-[(tetrahydrofuran-2-yl-methoxy) methyl] benzoic acid (以下分解物 B) へ変化することが分かった。このため浄水中に存在することが推察された。そこで、一部の水道事業体において浄水及び蛇口水中

のテフリトリオンおよび分解物 B の実態調査を行った。図 3 に示すように、テフリトリオンが原水及び河川水から検出される 5 月～6 月にかけて、浄水中では原水中のテフリトリオンとほぼ同じ濃度レベルで分解物 B が検出されていることが確認された。このことから、登録からそれほど期間が経っていないにも関わらず、急速に普及する農薬が存在し、その動向を注視する必要があること、さらには、農薬登録の段階では塩素処理性についての評価は行われていないため塩素処理により比較的安定で浄水中でも存在する物質に容易に変化する可能性があることが示された。今後は、原水中の検出実態だけではなく、浄水中に検出実態も踏まえ、処理特性、分解物のモニタリングの必要性も検討していく必要がある。

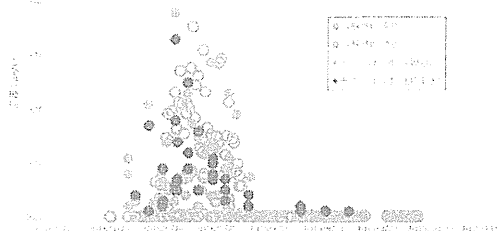


図 3 平成 27 年度実態調査におけるテフリトリオン及び分解物 B の検出実態

検出可能性指標値の高い農薬が測定され実際に検出されているかを確認するため、地域または都道府県毎に検出可能性指標値の高い農薬の実際の検出率を求めた。検出率は、最大で 70% (関東) であり、半数の 5 地域で 50% を超えている。都道府県別の検出率は、最大で 62% (千葉県) にとどまり、多くの都道府県で検出率が 50% を下回っていた。地域別に分類した方が、総じて検出率が高いことが明らかとなった。測定回数が多い地域ほど、検出率が高くなる傾向があった。

塩素処理におけるネオニコチノイド農薬等の変化を図 4 に示す。ニテンピラム、テフリトリオンはすみやか、プロマシルは緩やかに分解することが確認された。その他の 7 農薬は塩素処理の前後で濃度に大きな変化はみられなかった。

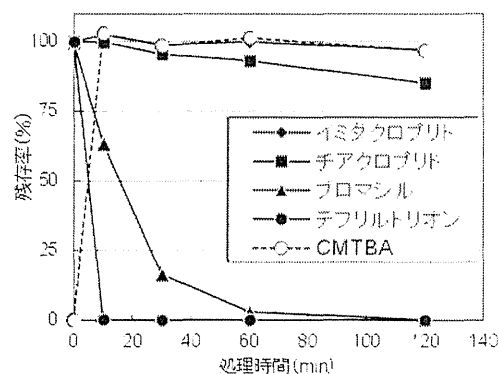


図 4 塩素処理時間と農薬残存率

テフリトリオンとメソトリオン及びそれらの塩素処理生成抽出物は、ミトコンドリアのエネルギー生成系に影響を及ぼして細胞致死毒性を及ぼす作用はないと判断した。さらに、細胞膜傷害により致死毒性を示すことはないかそのおそれは少ないと判断された。

水中の化学物質の浄水検出状況を調査したところ、下記の物質は検出濃度と基準値の比の中央値が 1/10 を超えていた：水道水質基準項目ではヒ素、フッ素、ホウ素、塩素酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸、水質管理目標設定項目ではウランと抱水クロラール。環境水についてはあるが、要検討項目ではモリブデン、エピクロロヒドリン、塩化ビニルが 1/10 を超えており、注意が必要である。仮の評価値を用いた評価ではヒドラジンは検出濃度が仮の評価値に近い地点があった。PRTR 対象物質については、あくまでも仮の評価値との比であるが、1,2-エポキシプロパンの検出濃度と仮の評価値の比が高かった。また、アクリロニトリル、コバルトについても検出濃度と仮の評価値の比が 1/10 を超える場合があった。現時点における、化学物質の基礎情報と検出状況についてデータベースを作成し、HP で公表できるようにした。

(3) 消毒副生成物

塩素処理によってホルムアルデヒドを生成する物質 8 種類について高度浄水処理プロセスでの挙動を調査し、7 物質についてはオゾン処理により FA-FP をほとんど持たない化合物に変化することが示唆され、オゾンと GAC の組み合わせにより全ての対象物質について高い処理性が得られることを確認した。GAC 単独では除去率は 58% 以下であり、急速ろ過で

はほとんどの物質の除去率は低かった。

基準値が強化されたトリクロロ酢酸について、緩速ろ過池に粒状活性炭を 20 cm 敷き詰め、色度を指標として管理する手法の有効性を確認した。中間塩素処理と粉末活性炭処理を組み合わせたハロ酢酸制御において吸光度（紫外域）が管理指標として有用であることを見出した。また、配水過程でジクロロ酢酸が減少する可能性があることや、高度浄水処理プロセスの導入により、塩素処理由来の消毒副生成物が減少する傾向を長期調査により示した。

新規消毒副生成物であるハロベンゾキノン (HBQs) 前駆物質に関する知見を得るために、HBQs および既知の前駆物質の構造から前駆物質となる可能性のある 26 種の芳香族化合物を対象に、塩素処理による HBQs (DCBQ, 2,6-ジブromo 1,4-ベンゾキノン (DBBQ), 2,3,6-トリクロロ-1,4-ベンゾキノン (TCBQ)) の生成を検討した。その内、16 種類の物質で DCBQ の生成が確認された。HBQ について、p 位に置換基（特にアルキル基）を有するフェノール類は、HBQ 前駆物質となる傾向があることが示され、NOM の分子内に存在する p-ヒドロキシフェニル基が塩素と反応して、HBQs が生成され、水道原水にフェノールが含まれないにもかかわらず、塩素処理によって HBQs が生成されるものと推測された (図 5)。

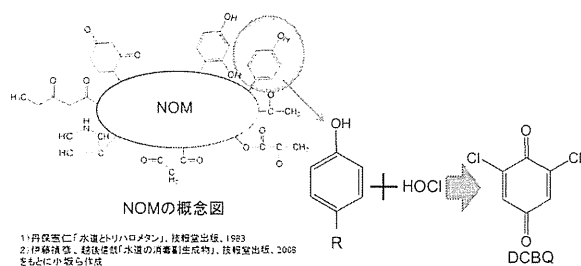


図 5 NOM からの HBQs の生成経路 (推測)

琵琶湖を原水とする浄水ではラフィド藻が出現していた平成 25 年と平成 27 年は、トリクロロ酢酸の濃度が特異的に高く、ラフィド藻の出現がトリクロロ酢酸濃度に影響を与えている可能性が示された。淀川水系において N-ニトロソアミンのひとつである NDMA について、原水に含まれる前駆物質の濃度が低減している長期的傾向を把握した。

消毒副生成物およびカルキ臭の観点から、塩

素処理によって生成する N-クロロアセトアルドイミン (CAAI) を取り上げ、琵琶湖や淀川水などにおける測定例を示した。官能試験結果と合わせて算出した CAAI のカルキ臭強度への寄与率は低かった。ただし、CAAI 生成能と臭気への未知物質の寄与率には一定の相関があり、CAAI 生成能は今回対象としていないアラニン以外のアミノ酸やタンパク質等の有機物に由来するカルキ臭原因物質の臭気への寄与率の評価指標として用いることができる可能性を示した。

消毒処理水の全体毒性の評価に関する文献レビューを行い、現在の到達点と問題について整理した。これまでに行われた in vivo 生殖/発毒性試験によれば、塩素処理水およびオゾン/塩素処理水について、大きな影響は見られないという結果となっている。したがって、NOAEL や LOAEL に相当する値を導出できるような結果も得られていない。また、発がん性に関する試験結果の報告も未だ見られなかった。TOX に関する健康影響評価値の導出へ向けて、今後の研究の進展を期待したい。

塩素消毒由来の臭気およびその原因物質については次のようである。高水温期においても、揮発性窒素化合物はトリクロラミンよりも臭気強度との相関が高かった (図 6)。しかし、低水温期と回帰式の勾配が異なり、複数の原因が考えられるがさらに検討が必要と思われる。

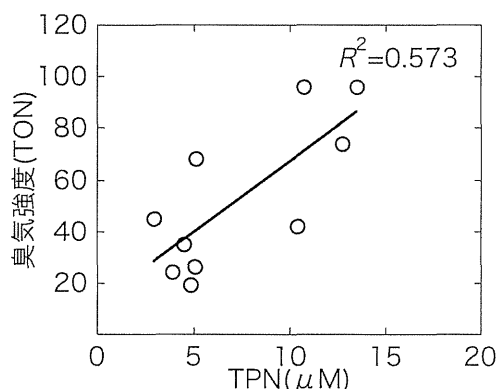


図 6 臭気強度と TPN の比較 (高水温期)

水道水中のトリクロラミンについて、関東地方、関西地方で濃度を測定し、遊離塩素濃度の低減が効果的であることを示した。活性炭によるトリクロラミン分解を拡散-反応モデルで

解析したところ、トリクロロミンの還元的分解は、活性炭細孔表面における擬1次反応と、有限量の官能基との間の2次反応により生じており、有限量の官能基は、トリクロロミンのみならず、共存する遊離塩素によっても消費されるというメカニズムが示唆された。臭気原因物質である有機アミノ化合物もアンモニア態窒素と同様に凝集沈殿・砂ろ過では除去できず、BAC処理によって除去できることを確認した。1級、2級、3級アミンをモデル物質として取り上げ、塩素によるクロラミン生成特性を把握した。

(4) リスク評価管理

突発的な水道原水水質事故発生時などの非常時に市民の安全と公衆衛生を確保するため、摂取制限による給水継続の対応を含めた水質異常時の対応のあり方に関する検討を行った。ホルムアルデヒド生成物質の事故では、断水の発生により用水供給事業の給水停止の影響が広範囲に及ぶことが示された。また、事故対応を経験した意見として、水質基準の遵守と給水義務の狭間で悩む水道事業者の姿が浮かび上がり、今後、社会活動の維持を見据えた摂取制限の考え方を導入する必要性が示唆された。

突発的な水質事故事象に対するマニュアル類の整備と複数マニュアルの関連性についての事例を示すことができた。水質事故に対応するためには、水質監視体制も重要である。しかし、巡視や水質調査の折に油流出事故以外の水質汚染事故を発見することはかなり稀である。より高感度な理化学的及び生物学的な監視装置を開発し、水質汚染の早期発見を確実にすることも今後の大きな課題である。

海外における水質異常時の対応と広報に関する調査研究について、米国EPAが作成した公衆通知ハンドブックの一部を翻訳し、水質異常発生時の公衆への周知方法について重要な点を整理することができた。米国で発生した水道原水汚染事故後におこなわれたCASPER調査(公衆衛生に関する緊急事態対応のためのコミュニティ評価)を精査し、水質異常時に住民が実際にどのように情報を得て、どのような対応を行ったのかを明らかにした。DNU(Do Not Use, 水道水の原則使用不可)発令などをいつ、どのような伝達方法で知ったのかについての情報源としてはテレビが最も多かった。また、水の使用状況について、DNU発令中および

DNU解除以降に対象水道水を使用したかどうかについては、図7に示すように、DNU発令中でも37%の世帯で水道水を使用していた。DNU解除後から1月末までの間の使用率は67%で、おそらく臭いが残っていることもあり使用率の回復が遅かったと思われる。また、図8にそれぞれの期間に「水道水を使用していた人」が使用した用途を示している。DNU発令中はシャワー/水浴が(80.1%)、手洗い(45.9%)、洗濯(37.7%)などと皮膚および吸入曝露を受けたことが考えられる。さらに、調理(26.9%)や飲用(26.6%)にも使用されていた。

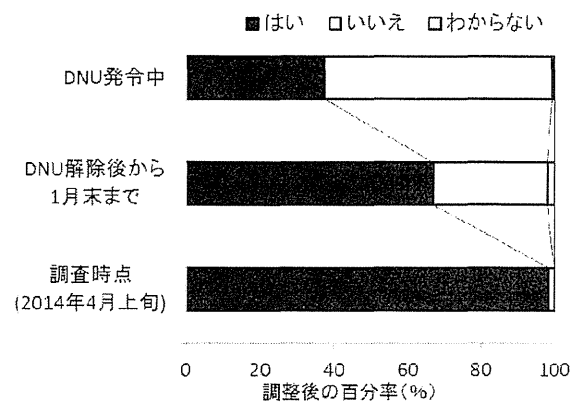


図7 水道水 Do Not Useの指示を受けた世帯において当該水道水を使用したかどうか(米国例)

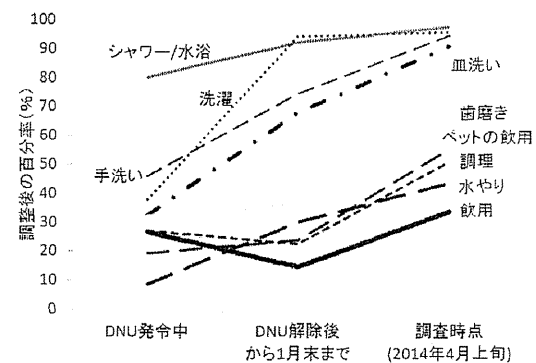


図8 水道水を「使用していた」世帯での各用途の使用割合(米国例)

今後、もし摂取制限等の対応を取った場合に、万一飲用したとしても、短期間の摂取において感知できる健康影響が起きない程度の余裕を考慮しておくこと、また比較的短期間の水摂取における健康影響に関する毒性情報が利用可

能になることが望まれた。

米国と同様、英国を含む欧州各国、また、オーストラリアにおいても、本調査により、水質基準超過による給水停止は、短期間の水道水摂取による深刻な健康影響が懸念されない限り、基本的にはあり得ない選択肢であることが示された。水質基準を超過した水をいかに給水継続するか、その対応は、超過項目と超過の程度により異なる。

トリクロロエチレン (TCE) とテトラクロロエチレン (PCE) について、飲料水濃度をある値に仮定し、様々な暴露シナリオにおける経口、吸入、経皮の潜在用量を経口暴露換算した総和値の分布を求めた。その結果、TCE については、現行の基準値では過半数以上の人が耐容一日摂取量を超える暴露量となる可能性が示唆された。これは吸入経路や経皮経路では経口経路と同じ量の潜在用量でも臓器への到達率が高くなることで間接飲水量が多くなるためと考えられた。また、大多数の人の総暴露量を耐容一日摂取量以下相当にするためには、現行の基準値(10・g/L)の1/3程度である3・g/Lが望ましいことが示唆された。アメリカやカナダのTCEの基準値は10・g/Lより低い値の5・g/Lであることから、今後の評価値の見直しのために、今回のシミュレーションに用いた仮定に関する精査など、さらなる詳細評価が必要である。一方、PCE については現行の基準値の遵守により想定しうる使用形態の範囲内であれば耐容一日摂取量以下相当の総暴露量となり、現行基準値の妥当性が確認された。

日本人成人の潜在的な水道水摂取量(pTWI)推定を行った。摂水量アンケート調査結果について、平日と休日を考慮し、地域、性別、年齢区分に関する偏りについて補正を行った。補正後の pTWI とその構成要素に関する箱ひげ図を図9に示す。pTWIは、冬：平均値 1.55 L、中央値 1.45 L、90%値 2.33 L、95%値 2.64 L。夏：平均値 1.76 L、中央値 1.64 L、90%値 2.67 L、95%値 3.12 Lであった。これらの値は、今後、日本人成人摂水量としての基礎資料となることが期待される。

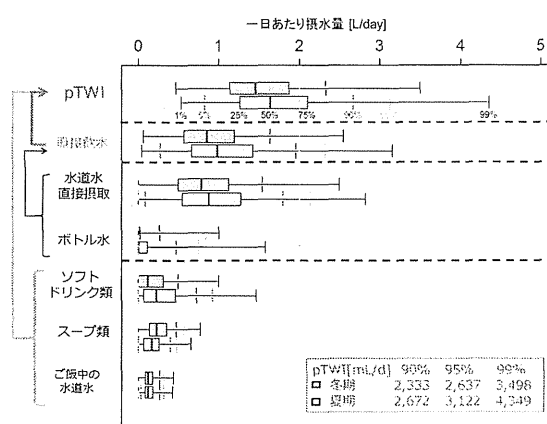


図9 pTWIとその構成要素に関する箱ひげ図(補正後)

亜急性評価値に関する研究では、昨年度までに求めた水質基準項目に関する saRfD (mg/kg/day)を用いて、短期的な水道水質汚染が生じた際に参考とすべき参照値 (mg/L)の算出を試みた。その結果、19項目について成人及び小児を対象とした参照値を提案することができた(表3)

表3 成人及び小児の参照値

項目	基準値 (mg/L)	参照値 (mg/L)	
		成人	小児
亜硝酸態窒素	0.04	0.4 (10)	0.2 (5)
ホウ素及びその化合物	1	2.0 (2)	1 (1)
四塩化炭素	0.002	0.2 (100)	0.07 (35)
1,4-ジオキサン	0.05	0.5 (10)	0.2 (4)
シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン	0.04	4.0 (100)	2.0 (50)
ジクロロメタン	0.02	2.0 (100)	0.6 (30)
トリクロロエチレン	0.01	0.01 (1)	0.05 (5)
ベンゼン	0.01	0.1 (10)	0.04 (4)
塩素酸	0.6	8.0 (13)	3.0 (5)
クロロ酢酸	0.02	1.0 (50)	0.4 (20)
クロロホルム	0.06	2.0 (33)	0.7 (12)
ジクロロ酢酸	0.03	0.3 (10)	0.1 (3)
ジプロモクロロメタン	0.1	4.0 (40)	2.0 (20)
臭素酸	0.01	0.09 (9)	0.04 (4)
トリクロロ酢酸	0.03	0.2 (7)	0.06 (2)
プロモジクロロメタン	0.03	1.0 (33)	0.4 (13)
プロモホルム	0.09	5.0 (56)	2.0 (22)
ホルムアルデヒド	0.08	13 (163)	5.0 (63)
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	10	-	10 (1)

長鎖 PFCA 類の毒性強度の差の要因を明らかにするために、反復投与毒性・生殖発生毒性併合試験において TS-PFDoA, TS-PFTeDA, TS-PFHxDA もしくは TS-PFOcDA を投与したラットの血清中の PFCA 類の濃度を測定した。

その結果、長鎖 PFCA 類の炭素数依存的な毒性強度の差が標的 PFCA の血清中濃度の違いのみでは説明できないことが明らかになった。投与した被験物質に不純物として含まれていた、より炭素鎖の短い PFCA 類や分岐型異性体が長鎖 PFCA 類の毒性発現に大きく関与している可能性が考えられた。

(5) 水質分析法

農薬類をより迅速かつ簡便に測定することができる一斉分析法を開発した。また、昨年に引き続き、質量分析計を用いたフローインジェクション分析法による水試料中の非イオン界面活性剤の同定手法の検討と、LC-高分解能 MS を用いたターゲットスクリーニング手法の検討も併せて行った。

水道水の検査対象農薬の LC/MS/MS 一斉分析法の検討では、対象農薬リスト掲載農薬類 (120 物質)、要検討農薬類 (16 物質)、その他農薬類 (84 物質)、除外農薬類 (14 物質)のうち、現在の標準検査法では、固相抽出による前

処理後に GC/MS や LC/MS で分析している農薬および標準検査法のない農薬 (合計 140 農薬) を対象に、前処理を行わずに LC/MS/MS に直接注入して一斉分析できるかどうかを検討した。アスコルビン酸ナトリウムおよびチオ硫酸ナトリウムいずれの脱塩素処理剤を用いて処理した水道水を試験した場合も、残体として良好な回収率および併行精度が得られ、目標値の各農薬の目標値の 1/100 超 1/10 以下の濃度では 114~117 物質が、目標値の 1/100 以下の濃度においても 105 物質が妥当性評価ガイドラインの真度 (70~120%) および併行精度 (≦ 25%あるいは≦30%) の目標を満たした (表 4)。ただし、一部の農薬については、脱塩素処理剤との反応によって分解あるいはイオン化阻害を受けたことが示唆されたことから、本法を用いて一斉分析を行う場合は、測定対象とする農薬によって脱塩素処理剤を使い分ける必要があると考えられる。

表 4 水道水添加回収試験結果のまとめ

添加濃度	アスコルビン酸ナトリウム脱塩素処理		チオ硫酸ナトリウム脱塩素処理	
	目標値の 1/100 超 1/10 以下	目標値の 1/100 以下	目標値の 1/100 超 1/10 以下	目標値の 1/100 以下
妥当性確保	117 物質 (下記以外の物質)	105 物質 (下記以外の物質)	114 物質 (下記以外の物質)	105 物質 (下記以外の物質)
妥当性確保できず	8 物質 (アシュラム, エトフェンプロックス, α-ベンゾエピン, シベルメトリン, cis-ペルメトリン, trans-ペルメトリン, フラザスルフロン, ホセチル)	6 物質 (エトフェンプロックス, シベルメトリン, cis-ペルメトリン, フラザスルフロン, ペンスルフロンメチル, ホセチル)	9 物質 (アシュラム, α-ベンゾエピン, チオジカルブ, ベンフレセート, シベルメトリン, cis-ペルメトリン, trans-ペルメトリン, メタミドホス, ホセチル)	8 物質 (ダラボン, アシュラム, CYAP, チオジカルブ, シベルメトリン, cis-ペルメトリン, trans-ペルメトリン, ホセチル)
測定中に感度低下	7 物質 (EDDP, NAC, チオファネートメチル, DEP, フサライド, プロベナゾール, アミトラズ代謝物)	7 物質 (EDDP, NAC, チオファネートメチル, DEP, フサライド, プロベナゾール, アミトラズ代謝物)	7 物質 (EDDP, チオファネートメチル, DEP, フサライド, プロベナゾール, ベンフルカルブ, アミトラズ代謝物)	7 物質 (EDDP, チオファネートメチル, DEP, フサライド, プロベナゾール, ベンフルカルブ, アミトラズ代謝物)
定量下限値未達	8 物質 (エトリジアゾール, β-ベンゾエピン, CNP, CNP-アミノ体, DDVP, ジスルホトン, チウラム, MEP)	22 物質 (ダラボン, アシュラム, イソフェンホス, エトリジアゾール, α-ベンゾエピン, β-ベンゾエピン, カズサホス, カフェンストロール, ACN, CNP, CNP-アミノ体, TPN, CYAP, DDVP, ジスルホトン, チウラム, トリフルラリン, MEP, プロシミドン, ベンフルラリン, ベンフレセート, モリネート)	10 物質 (エトリジアゾール, β-ベンゾエピン, カズサホス, CNP, CNP-アミノ体, TPN, DDVP, ジスルホトン, チウラム, MEP)	20 物質 (イソフェンホス, エトリジアゾール, α-ベンゾエピン, β-ベンゾエピン, カズサホス, カフェンストロール, ACN, CNP, CNP-アミノ体, TPN, DDVP, ジスルホトン, チウラム, トリフルラリン, MEP, プロシミドン, ベンフルラリン, ベンフレセート, モリネート, メタミドホス)

質量分析計を用いたフローインジェクション分析法による水試料中の非イオン界面活性剤の同定手法の検討では、今年度は、PRTR 法の対象となっている界面活性剤の中で、26 年度に検討した非イオン界面活性剤を除く、13 物質について FIA-MS 法により ESI スペクトルを

測定した。その結果、対象とした 13 種類全ての界面活性剤に特有のマススペクトルを得ることができた。それらの検出下限値はいずれも 1mg/L 程度で、その濃度レベルの汚染事故であれば、本分析法が適用可能である。しかし、水環境中の濃度レベルを測定するためには、濃縮

法の検討が必要である。

LC-高分解能 MS を用いたターゲットスクリーニング手法については、開発した固相抽出-LC-TOF/MS スクリーニング分析法を実試料に適用するなど、その有効性を検討した。北九州市内の 5 カ所の下水処理場の放流水を分析しところ、1 回以上検出された物質は 29 種であった (図 10)。サロゲート物質の回収率は 46~106% であり、精製水の添加回収実験の結果に比べて若干低かった。また、二重分析での 2 つの分析値の差は、平均値の 0~62.6% であった。以上の結果から、分析の精確さおよび再現性は共に、スクリーニング分析としては十分な性能であることが確認された。さらに、300 物質の測定から汚染の全体像が把握でき、また

予期しない metformin や農薬を検出できたことから、開発スクリーニング法の有効性が確認された。開発法を用いることにより、短時間、低コスト、省力に多数物質を分析でき、さらに有害な廃棄物量も減らすことが可能である。本開発法は、①環境水や水道水のスクリーニング分析、②対象物質の標準試薬が入手できない時の分析、③環境汚染事故や地震などの緊急時の安全性評価や原因物質の特定などに有効な手法である。また、本法ではマススペクトルが得られるため、測定データを用いて後日ノンターゲット分析やレトロスペクティブ分析を実施することも可能である。

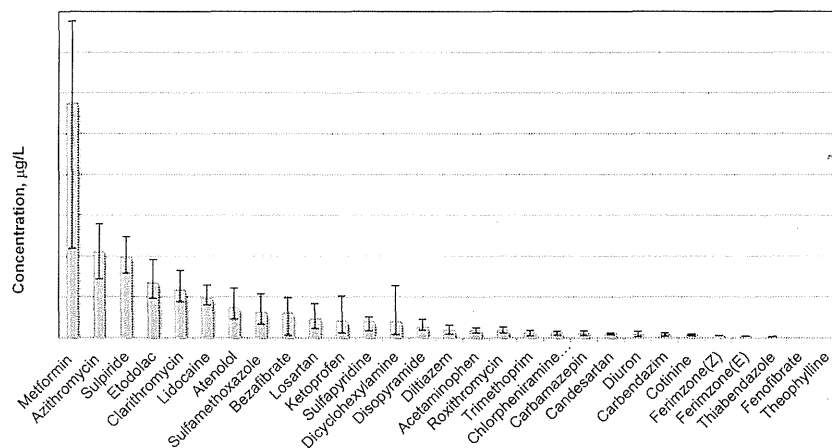


図 10. 北九州市内の 5 下水処理場での検出物質

D. 結論

(1) 微生物：凝集沈殿処理を実施している全国の浄水場の協力を得て、水道原水にウイルス (アデノウイルス、コクサッキーウイルス、A 型肝炎ウイルス、マウスノロウイルス、トウガラシ微斑ウイルス (PMMoV)) を添加して人工原水とし、これを用いて回分式凝集処理実験を行うことで、処理性 (除去率) を評価した。PMMoV と各種ウイルスは同程度の除去が得られ、PMMoV はウイルスの指標として有効と期待された。さらに、水道原水中に PMMoV は比較的高濃度で存在することが示された。各ウイルスは、凝集沈殿-砂ろ過処理により、1~2-Log 程度の除去が得られた。凝集、沈殿、急速砂ろ過による実浄水場における PMMoV の

除去率は 4.3-Log であった。クリプトスポリジウム遺伝子検出法の適用実績はまだ少なく、さらなる知見の積み重ねと応用が求められていることから、相模川河川水を試料として検鏡法と qRT-PCR 法の比較を継続した。2 法の定性的な一致率は、クリプトスポリジウムが 78%、ジアルジアが 81% と概ね対応が得られた。遺伝子増幅産物の塩基配列を決定したところ、ブタ由来の *C. suis* が多く検出され、汚染源の推定に活用できると考えられた。検鏡によるプトスポリジウムの多数計数の簡易化には MPN 法が応用可能である。米国などの事例を元に幾つかの仮定の下に推定すると、クリプトスポリジウム症の大規模集団感染を防ぐためには 3~5-Log 程度のバリア導入が推奨との単純計算ができた。

(2) 化学物質・農薬： 農薬出荷量はこれまで減少を続けてきたが、平成 25 農薬年度に平成元年以降はじめて増加に転じ、平成 26 農薬は昨年とほぼ同量出荷量であった。実態調査では、河川水で 61 種、原水 75 種、浄水 41 種の農薬が検出されている。この中には農薬分類の見直しで対象農薬に加わった農薬であるメトミノストロビン、クミルロン、ブタクロール、ピラクロニル、キノクラミン、フェントラザミド、メトミノストロビン、オリサストロビン、クミルロン、ベンフレセートなどが含まれ濃度や個別農薬評価値などが高かった。テフリルトリオンは通常の粉末活性炭の添加量では十分に除去されないことが示された。また、塩素処理によりほぼ全て、農薬評価書にテフリルトリオンの分解物 B として報告のある 2-chloro-4-methyl-3-[(tetrahydrofuran-2-yl-methoxy) methyl] benzoic acid (以下分解物 B) へ変化することが分かった。さらに、浄水中では原水中のテフリルトリオンとほぼ同じ濃度レベルで分解物 B が検出されていることが確認された。今後は、原水中の検出実態だけでなく、浄水中に検出実態も踏まえ、処理特性、分解物のモニタリングの必要性も検討していく必要がある。検出可能性指標値の高い農薬が測定され実際に検出されているかを確認するため、地域または都道府県毎に検出可能性指標値の高い農薬の実際の検出率を求めた。検出率は地域別に分類した方が総じて高いが、測定回数が多い地域ほど、検出率が高くなる傾向があった。ニテンピラム、テフリルトリオンは塩素処理によりすみやか、ブロマシルは緩やかに分解する。テフリルトリオンとメソトリオン及びそれらの塩素処理生成抽出物は、細胞致死毒性、細胞膜傷害による致死毒性を示すことはないと判定された。化学物質の検出状況について検討したところ、1,2-エポキシプロパン(酸化プロピレン)、アクリロニトリル、ヘキサメチレンテトラミン、ヒドラジン等の検出濃度が仮の評価値に比べて高かった。化学物質の基礎情報と検出状況についてデータベースを作成し、インターネットで公表できるようにした。

(3) 消毒副生成物： 塩素処理によってホルムアルデヒドを生成する物質として 8 種類を検討し、オゾンと GAC の組み合わせにより処理されることを確認した。有機アミノ化合物もアンモニア態窒素と同様に BAC 処理によって

除去できることを確認した。中間塩素処理と粉末活性炭処理を組み合わせたハロ酢酸制御において吸光度(紫外域)が管理指標として有用であること、さらに配水過程でジクロロ酢酸が減少する可能性がある可能性を示した。p 位に置換基(特にアルキル基)を有するフェノール類は、ハロベンゾキノン前駆物質となる傾向があることを示した。琵琶湖原水ではラフィド藻の増殖によってハロ酢酸生成能が増大する可能性、淀川水系において N-ニトロソアミンのひとつである NDMA 前駆物質の濃度が低減している長期的傾向を把握した。高水温期においても、揮発性窒素濃度はトリクロラミンよりも臭気強度指標と相関が高かった。遊離塩素濃度の低減がトリクロラミン生成抑制に効果的であることを示した。活性炭によるトリクロラミン分解は活性炭細孔表面における疑 1 次反応と 2 次反応で表現された。

(4) リスク評価管理：

水質事故対応を経験した意見として、水質基準の遵守と給水義務の狭間で悩む水道事業者の姿が浮かび上がった。突発的水質事故事象に対するマニュアル類の整備と複数マニュアルの関連性についての事例を示すことができた。米国 EPA の公衆通知ハンドブックの一部を翻訳し、水質異常発生時の公衆への周知方法について重要な点を整理することができた。米国で発生した水道原水汚染事故後におこなわれた疫学調査結果を精査し、水質異常時における住民の情報源としてはテレビが最も多いことが分かった。また、Do Not Use 発令中においても約 37%の世帯で水道水を使用していたことから、摂取制限等の対応時においても、短期間の摂取など想定した対応などが示された。米国と同様、英国を含む欧州各国、オーストラリアにおいては、短期間の水道水摂取による深刻な健康影響が懸念されない限り、水質基準超過による給水停止は基本的に行わず、超過項目と超過の程度により異なる対応をとることになっていた。

トリクロロエチレンの吸入や経皮暴露は、経口経路に比べて、臓器への到達率が高くなるため間接飲水量が多くなり、現行の基準値では過半数以上の方が耐容一日摂取量を超える暴露量となる可能性が示唆された。摂水量アンケート調査結果について、地域、性別、年齢区分に関する偏りなどの補正を行った pTWI (L/日)の平均値は冬 1.55 L、夏 1.76 Lであった。今後、日本人成人摂水量としての基礎資料となる

ことが期待される。短期的な水道水質汚染が生じた際に参考とすべき参照値 (mg/L) を 19 項目について算出した。長鎖 PFCA 類の炭素数依存的な毒性強度の差は、標的 PFCA の血清中濃度の違いのみでは説明せず、不純物として含まれていたより炭素鎖の短い PFCA 類や分岐型異性体が長鎖 PFCA 類の毒性発現が大きく関与している可能性が考えられた。

(5) 水質分析法：対象農薬リスト掲載農薬類など計 234 物質のうち、現在の標準検査法では、固相抽出による前処理後に GC/MS や LC/MS で分析している農薬および標準検査法のない農薬 (合計 140 農薬) を対象に、前処理を行わずに LC/MS/MS に直接注入して一斉分析できるかどうかを検討し、ほとんどの農薬で良好な回収率および併行精度が得られた。一部の農薬については、脱塩素処理剤を使い分ける必要があると考えられた。質量分析計を用いたフローインジェクション分析法による水試料中の非イオン界面活性剤の同定手法に関しては、26 年度に検討した非イオン界面活性剤を除く 13 物質について検討し、検出下限値 1mg/L 程度の計測が可能であった。また、開発した固相抽出-LC-TOF/MS スクリーニング分析法を実試料に適用した結果、開発法が LOCs のスクリーニングに有効である事が確認された。開発法を用いることにより、短時間、低コスト、省力に多数物質を分析でき、さらに有害な廃棄物量も減らすことが可能である。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Marubayashi, T. (2016), Effect of coagulant basicity on virus removal from water by polyferric chloride, *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, in press.

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Ohno, K. (2016), Characterization of recombinant norovirus virus-like particles and evaluation of their applicability to the investigation of norovirus removal performance in membrane filtration processes, *Water Science and Technology: Water Supply*, in press.

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Marubayashi, T., Effect of aluminum hydrolyte species on human enterovirus removal from water during the coagulation process, *Chemical Engineering Journal*, 284(1), 786–793, 2016.

泉山信司, 遠藤卓郎, 水道における人への危害が問題となる病原微生物とその対策, *水環境学会誌*, 39(2), 54-58, 2016.

浅見真理, 松井佳彦, 水道における化学物質・放射性物質の管理と制御, *水環境学会誌*, 39A(2), 48-53, 2016. <査読無>

小坂浩司, 福田圭佑, 中村怜奈, 浅見真理, 越後信哉, 秋葉道宏, トリクロロミン生成能におよぼすオゾン処理の影響, *土木学会論文集 G (環境)*, 71 (7), III_361-III_369, 2015.

中井喬彦, 小坂浩司, 浅見真理, 秋葉道宏, LC-MS/MS 法による水道水中の 2,6-ジクロロ-1,4-ベンゾキノンの測定法検討と実態調査, *水環境学会誌*, 38, 67–73, 2015.

Kosaka, K., Asami, M., Ohkubo, K., and Akiba M., Determination of a *N*-nitrosodimethylamine precursor in water using ultra-high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry, *Analytical Sciences*, 31, 769–772, 2015.

Phattarapattamawong, S., Echigo, S. and Itoh, S., Characterization of organic precursors for chlorinous odor before and after ozonation by a fractionation technique, *Water Research*, 88(1), 836-843, 2016.

浅見真理, 松井佳彦, 水道における化学物質・放射性物質の管理と制御, *水環境学会誌*, 39, 48-53, 2016.

越後信哉, 浄水処理過程における人為由来化合物からの消毒副生成物の生成機構, *水環境学会誌*, 38(3), 89-94, 2015.<査読無し>

Canipa, S., Cayley, A., Drewe, W.C., Williams, R.V., Hamada, S., Hirose, A., Honma, M., and Morita, T., Using in vitro structural alerts for chromosome damage to predict in vivo activity and direct future testing, *Mutagenesis*, 31, 17-25, 2016.

Hashiguchi, S., Yoshida, H., Akashi, T., Komemoto, K., Ueda, T., Ikarashi, Y., Miyauchi, A., Konno, K., Yamanaka, S., Hirose, A., Kurokawa, M., and Watanabe, W., Titanium dioxide nanoparticles exacerbate pneumonia in respiratory syncytial virus (RSV)-infected mice, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39, 879-86, 2015.

Hirata-Koizumi, M., Fujii, S., Hina, K.,

- Matsumoto, M., Takahashi, M., Ono, A., and Hirose, A., Repeated dose and reproductive/developmental toxicity of long-chain perfluoroalkyl carboxylic acids in rats: perfluorohexadecanoic acid and perfluorotetradecanoic acid, *Fundamental Toxicological Sciences*, 2(4), 177-190, 2015.
- Igarashi, Y., Nakatsu, N., Yamashita, T., Ono, A., Ohno, Y., Urushidani, T., and Yamada, H., Open TG-GATEs: a large-scale toxicogenomics database, *Nucleic Acids Research*, 43(Database issue), D921-D927, 2015.
- Ishii-Watabe, A., Hirose, A., Katori, N., Hashii, N., Arai, S., Awatsu, H., Eiza, A., Hara, Y., Hattori, H., Inoue, T., Isono, T., Iwakura, M., Kajihara, D., Kasahara, N., Matsuda, H., Murakami, S., Nakagawa, T., Okumura, T., Omasa, T., Takuma, S., Terashima, I., Tsukahara, M., Tsutsui, M., Yano, T., and Kawasaki, N., Approaches to Quality Risk Management When Using Single-Use Systems in the Manufacture of Biologics, *AAPS PharmSciTech.*, 2015/8/20. [Epub ahead of print]
- Okamura, H., Abe, H., Hasegawa-Baba, Y., Saito, K., Sekiya, F., Hayashi, SM., Mirokuji, Y., Maruyama, S., Ono, A., Nakajima, M., Degawa, M., Ozawa, S., Shibutani, M., and Maitani, T., The Japan Flavour and Fragrance Materials Association's (JFFMA) safety assessment of acetal food flavouring substances uniquely used in Japan, *Food Addit Contam Part A Chemistry Analysis Control Exposure Risk Assessment*, 32(9), 1384-1396, 2015.
- Ono, A., Kobayashi, K., Serizawa, H., Kawamura, T., Kato, H., Matsumoto, M., Takahashi, M., Hirata-Koizumi, M., Matsushima, Y., and Hirose, A., A repeated dose 28-day oral toxicity study of β -bromostyrene in rats, *Fundamental Toxicological Sciences*, 2(4), 191-200, 2015.
- Yamada, T., Tanaka, Y., Hasegawa, R., Sakuratani, Y., Yamazoe, Y., Ono, A., Hirose, A., and Hayashi, M., Authors' response to Letter to the Editor by Jeff Kelsey et al. "Response to 'Development of a category approach to predict the testicular toxicity of chemical substances structurally related to ethylene glycol methyl ether.'" 2015, *Regulatory Toxicology Pharmacology*, 73(1), 209, 2015.
- Watanabe, H., Tamura, I., Abe, R., Takanobu, H., Nakamura, A., Suzuki, T., Hirose, A., Nishimura, T., and Tatarazako, N., Chronic toxicity of an environmentally relevant mixture of pharmaceuticals to three aquatic organisms (alga, daphnid, and fish), *Environmental Toxicology Chemistry*, 35(4), 996-1006, 2016.
- Xu, J., Alexander, D.B., Iigo, M., Hamano, H., Takahashi, S., Yokoyama, T., Kato, M., Usami, I., Tokuyama, T., Tsutsumi, M., Tamura, M., Oguri, T., Niimi, A., Hayashi, Y., Yokoyama, Y., Tonegawa, K., Fukamachi, K., Futakuchi, M., Sakai, Y., Suzui, M., Kamijima, M., Hisanaga, N., Omori, T., Nakae, D., Hirose, A., Kanno, J., and Tsuda, H., Chemokine (C-C motif) ligand 3 detection in the serum of persons exposed to asbestos: A patient-based study, *Cancer Science*, 106, 825-832, 2015.
- 高橋美加, 松本真理子, 宮地繁樹, 菅谷芳雄, 長谷川隆一, 小林克己, 平田睦子, 小野敦, 広瀬明彦, OECD化学物質対策の動向(第26報)ー第6回OECD化学物質共同評価会議(2014年パリ), *化学生物総合管理*, 11, 28-36, 2015.
- 松本真理子, 清水将史, 宮地繁樹, 菅谷芳雄, 広瀬明彦, OECD化学物質共同評価プログラム: 第6回化学物質共同評価会議概要, *化学物質総合管理*, 11, 37-45, 2015.
- 広瀬明彦, 化学物質の毒性評価に基づいた水質基準値の設定, *水環境学会誌*, 39, 59-63, 2016年.
- 小熊久美子, イギリスの水道水質基準超過に対する枠組みと対応, *水道*, 60(4), 28-34, 2015. < 査読無 >
- 大野浩一, 続: 米国ウエストバージニア州における化学物質河川流出事故時の対応ー事故後の調査について, *水道*, 60 (6), 32-40, 2015. < 査読無 >
- Allinson, G., Allinson, M., and Kadokami, K., Combining Passive Sampling with a GC-MS-Database Screening Tool to Assess Trace Organic Contamination of Rivers: a Pilot Study in Melbourne, Australia, *Water Air Soil Pollution*, pp 226-230, 2015. DOI 10.1007/s11270-015-2423-5
- H., T., C., Chau, K., Kadokami, H., T., Duong, L., Kong, T., T., Nguyen, T., Q., Nguyen and Y., Ito, Occurrence of 1153 organic micropollutants in the aquatic environment of Vietnam, *Environmental Science Pollution Research*, pp1-13, 2015. DOI 10.1007/s11356-015-5060-z
- Duong, H., T., Kadokami, K., Chau, H., T., C., Nguyen, T., Q., Nguyen, T., T., Kong, L., Groundwater screening for 940 organic micro-pollutants in Hanoi and Ho Chi Minh City, Vietnam, *Environmental Science Pollution Research*, 22 (24), 19835-19847, 2015. DOI 10.1007/s11356-015-5180-5.

2. 著書

大野 浩一, 公衆衛生リスク, 「知っておきたい新公衆衛生」, 一般財団法人 日本環境衛生センター編, 15-21, 2015.

3. 解説・総説

なし

4. 学会発表

村井一真, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 消毒耐性ウイルスの膜ろ過処理性評価および代替指標候補ウイルスとの処理性比較, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島, 2016/3/16-18.

山下玲菜, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, トウガラシ微斑ウイルスは水系感染症ウイルスの浄水処理性指標となるのか? : 凝集沈澱・砂ろ過における処理性比較, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島, 2016/3/16-18.

中野勲, 鈴木允執, 吉田圭吾, 泉山信司, 遠藤卓郎, 橋本温, 水道原水を対象としたクリプトスポリジウム計数への MPN 法の導入, 日本水環境学会第 50 回年会, 徳島, 2016/3/16-18.

Torrey, J., Asami, T., Katayama, H., Furumai, H., and Hashimoto, A., Evaluating Virus Removal Efficiency in Drinking Water Treatment Plants with Indigenous Pepper Mild Mottle Virus, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島, 2016/3/16-18.

秋山恵美, 松井佳彦, 松下拓, 白崎伸隆, 大野浩一, 間接摂取の体内負荷を考慮した揮発性有機化合物の水道水質基準評価値の評価, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島市, 280, 2016/3/16-18.

池亀翔平, 松井佳彦, 松下拓, 白崎伸隆, どのような活性炭がトリクロロミン分解に有効か? : 拡散-反応モデルによる分解の数値化と活性炭の物理化学的特性との間の相関分析, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島, 2016/3/16-18.

Nishimura, T., Hirata-Koizumi, M., Yamada, T., Kawamura, T., Ono, A., Hirose, A., and Ema, M., Derivation of the health advisory guidance values for sub-acute exposure of drinking water, Society of Toxicology 55th Annual meeting, New Orleans, USA, 2016/3.

泉山信司, 飲料水の危機事案に対する関係機関の連携, 病原微生物への対応, 第 29 回公衆衛生情報研究協議会シンポジウム, 埼玉県和光市, 2016/1.

小林憲弘, 矢代和史, 久保田領志, 五十嵐良明, 塩素処理による水道水中プロチオホスの分解物の生成, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島県徳島市, 2016/3/18 .

泉山信司, 木下一美, 村上裕子, 八木田健司, クリプトスポリジウム症およびジアルジア症の国内発生動向, 第 84 回日本寄生虫学会, 東京都 2015/3.

泉山信司, 木下一美, 村上裕子, 八木田健司, クリプトスポリジウム等耐塩素性微生物による集団感染の発生動向, 日本水道協会水道研究発表会, さいたま市, 2015/10.

Kato, R., Katayama, H., Furumai, H., Removal Efficiency of Viruses by Re-addition of Coagulant in Bench-Scale Rapid Sand Filtration System, 18th International Symposium on Health-Related Water Microbiology (WaterMicro2015), 2015/9/13-19, Lisbon, Portugal

Asami, T., Torrey, J. R., Katayama, H., Hashimoto, A., Haramoto, E., Furumai, H., Evaluation of removal efficiency of pepper mild mottle virus during full scale drinking water treatment processes. Poster session presented at: 18th International Symposium on Health-Related Water Microbiology; 2015/9/13-19, Lisbon, Portugal.

Torrey, J. R., Asami, T., Hashimoto, A., Katayama, H., Furumai, H., Comparison of Enteric Virus and Indicator Virus Removal efficiency in a Full Scale Drinking Water Treatment Plant. Poster session presented at: 63rd Annual Meeting of the Japanese Society for Virology, 2015/11/22-24, Fukuoka, Japan.

Torrey, J. R., Asami, T., Hashimoto, A., Katayama, H., Furumai, H., Monitoring Indigenous Pepper Mild Mottle Virus to Estimate Viral Removal in Drinking Water Treatment, Poster session presented at: 日本水環境学会 水中の健康関連微生物シンポジウム, 東京, 2015/12.

片山浩之, 浄水処理工程中のウイルス除去効率の評価, 日本水環境学会 水中の健康関連微生物シンポジウム, 東京, 2015/12.

Katayama, H., Asami, T., Kato, R., Visvanathan, C., and Furumai, H., Evaluation of virus removal efficiency at water treatment plants in Bangkok and in Japan, Special Workshop on Health-Related Environmental Virology, Barcelona, 2015/5.

佐藤 学, 上村 仁, 小坂浩司, 浅見真理, 鎌田素之, 松井 佳彦, 神奈川県内の河川水で検出されたネオニコチノイド系農薬等の浄水処理

における挙動, p.212-213 第 52 回全国衛生化学技術協議会年会講演集, 静岡, 2015/12/3-4.

久保明日香, 川寄悦子, 中田俊芳, 太田晃一, 鎌田素之, 須戸幹, 水道水源における新たな監視対象農薬に関する検討, p.448, 第 50 回日本水環境学会年会講演集, 2016.

菱田祐太, 中井喬彦, 小坂浩司, 浅見真理, 秋葉道宏, オゾン/活性炭プロセスの浄水場におけるハロベンゾキノンの生成調査, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島, 2016/3/16-18.

羽田野祐介, 村田恵呉, 町田高広, 中井喬彦, 小坂浩司, 浅見真理, 秋葉道宏, 高度浄水処理工程におけるハロベンゾキノン生成能の挙動とオゾン処理性, 平成 27 年度全国会議 (水道研究発表会), さいたま, 2015/10/21-25.

中井喬彦, 森岡弘幸, 小坂浩司, 浅見真理, 秋葉道宏: 塩素処理による芳香族化合物からのハロベンゾキノンの生成, 平成 27 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, さいたま, 2015/10/21-25.

小坂浩司, 浅見真理, 大久保慶子, 岩本卓治, 越野広雪, 越後信哉, 秋葉道宏, 淀川流域におけるオゾン処理での *N*-ニトロソジメチルアミン前駆物質の実態, 第 37 回京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム, 京都, 2015/7/31-8/1.

川口佳彦, 奥村勇太, 越後信哉, 伊藤禎彦, 水道水質管理の高度化を実現するための分析手法の開発, 第 37 回京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム, 京都, 2015/7/31-8/1.

小坂浩司, 浅見真理, 大久保慶子, 岩本卓治, 越野広雪, 越後信哉, 秋葉道宏, 淀川流域における *N*-ニトロソジメチルアミン前駆物質汚染の原因究明, 第 24 回日本オゾン協会年次研究講演会, 東京, 2015/5/28-29.

松下拓, 松井佳彦, 白崎伸隆, 佐久間美紀, 安藝朋子, 井阪雅仁, 田澤しおり, 池亀翔平, 畑瀬大樹, 浄水カルキ臭の全体像の把握と制御, 第 23 回衛生工学シンポジウム, 札幌, 2015.

小坂浩司, 福田圭佑, 中村怜奈, 浅見真理, 越後信哉, 秋葉道宏, トリクロラミン生成能におよぼすオゾン処理の影響, 第 52 回環境工学研究フォーラム, 郡山, 2015/11/27-29.

越後信哉, 中山恵裕, 伊藤禎彦, トリクロラミン生成能におよぼすオゾン処理の影響 *N*-クロロアセトアルドイミン分析法の開発とその応

用, 第 52 回環境工学研究フォーラム, 郡山, 2015/11/27-29.

Kosaka, K., Asami, M. Ohkubo, K., Iwamoto, T., Koshino, H., Echigo, S., and Akiba, M., Source of a *N*-nitrosodimethyleamine precursor and its identification in the Yodo River basin, 9th IWA Specialized Conference on Assessment and Control of Micropollutants/ Hazardous Substances in Water, Singapore, 2015/11/22-25.

Hirose, A., Japanese Current Chemical Regulation and Contribution to the OECD Cooperative Chemicals Assessment Programme (CoCAP), The 7th International Congress of Asian Society of Toxicology, Jeju, Korea, 2015/7.

Hirose, A., Metal contaminants in drugs: ICH point of view, The 9th Congress of Toxicology in Developing Countries, Natal, Brazil, 2015/10.

Hirose, A., Hirata-Koizumi, M., Kawamura, T., Matsumoto, M., Takahashi, M., Nishimaki-Mogami, T., Nishimura, T., Ema, M., and Ono, A., Derivation of subacute reference doses for drinking water quality management, The 51st EUROTOX2015, Porto, Portugal, 2015/9.

Hirose, A., Sakamoto, Y., Ogata, A., Yuzawa, K., Kubo, Y., Ando, H., Nagasawa, A., Nishimura, T., Inomata, A., and Nakae, D., Chronic toxicity by repeated intratracheal administration of MWCNT in rat, The 7th International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, Limpopo, South Africa, 2015/10.

Hirose, A., Taquahashi, Y., Takagi, A., Ogawa, Y., and Kanno, J., Characterization of mesothelioma induction by i.p injection of the MWCNT dispersed with the Taquann method, International Congress on Safety of Engineered Nanoparticles and Nanotechnologies (SENN2015), Helsinki, Finland, 2015/4.

Ono, A., Matsumoto, M., Takahashi, M., Kawamura, T., Hirata-Koizumi, M., and Hirose, A., Is a 14-day dose setting study able to predict its 28-day repeated dose toxicity?, The 51st EUROTOX2015, Porto, Portugal, 2015/9.

秋山恵美, 松井佳彦, 松下拓, 白崎伸隆, PBPK モデルとモンテカルロ・シミュレーションを用いた水道水質基準値の算定, 平成 27 年度全国会議 (水道研究発表会), さいたま市, 614-615, 2015/10/21-23.

久保田領志, 小林憲弘, 五十嵐良明, 固相抽出-LC/MS によるハロアセトアミド類の分析法の開発及び水道水中の存在実態, 第 24 回環境化学討論会, 北海道札幌市, 2015/6/24.

小林憲弘, 久保田領志, 菱木麻佑, 小杉有希, 鈴木俊也, 五十嵐良明, LC/MS/MS を用いた水道水中ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの同時分析, 第 24 回環境化学討論会, 北海道札幌市, 2015/6/24.

小林憲弘, 久保田領志, 五十嵐良明, 水道水中の GC/MS 分析対象農薬の LC/MS/MS 一斉分析方法の検討, 環境科学会 2015 年会, 大阪府吹田市, 2015/9/7.

小林憲弘, 久保田領志, 菱木麻佑, 小杉有希, 鈴木俊也, 五十嵐良明, LC/UV および LC/MS/MS による水道水中ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの同時分析法の検討, 日本水道協会 平成 27 年度全国会議(水道研究発表会), 埼玉県さいたま市, 2015/10/21.

久保田領志, 小林憲弘, 五十嵐良明, 水道水中ハロアセトアミド類の分析法の開発およびその存在実態, 第 52 回全国衛生化学技術協議会年会, 静岡県静岡市, 2015/12/3.

小林憲弘, 久保田領志, 菱木麻佑, 小杉有希, 鈴木俊也, 五十嵐良明, HPLC/UV および LC/MS/MS による水道水中ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの同時分析, 第 52 回全国衛生化学技術協議会年会, 静岡県静岡市 2015/12/3.

鈴木俊也, 小杉有希, FIA/MS による非イオン界面活性剤の同定手法, 第 52 回全国衛生化学技術協議会年会, 静岡市, 2015/12.

Allinson, M., Kadokami, K., Nakajima, D., Scales, P., Allinson, G., Knight, A., Zhang, J., Packer, M., Northcott, K., Pettigrove, V., Gray, S., Grand Designs for Wastewater Recycling in Antarctica - Challenge of Micro-contaminant Assessment, SETAC Europe 25th Annual Meeting, スペイン, バルセロナ, 2015/5/3-7.

Kadokami, K., Yanagida, M., Mochinaga, K., Screening analysis of 1170 organic micro-pollutants in sewage treatment plants in Kitakyushu, Japan, 7th Symposium Chemistry and Environmental Protection-EnviroChem 2015, セルビア, パリク, 2015/6/9-12.

Kadokami, K., Yanagita, M., Mochinaga, K., Screening of 1170 organic micro-pollutants in sewage treatment plants in Kitakyushu, Japan, SETAC North America 36th Annual Meeting, 米国, ソルトレークシティ, 2015/11/1-5.

Chau, H., T., Kadokami, K., Comprehensive analytical method for polar-organic compounds in

water samples by liquid chromatography time-of-flight mass spectrometry, 米国, ソルトレークシティ, 2015/11/1-5.

Monitoring on 1300 organic micro-pollutants in surface waters from Tianjin and Jinan, Northern China, Kong, L., Kadokami, K., Wang, S., Duong, T., Chau, H., T., SETAC North America 36th Annual Meeting, 米国, ソルトレークシティ, 2015/11/1-5.

北九州市内の下水処理場における 1170 種の微量有機汚染物質のスクリーニング分析 —化学物質排出源単位の推計—, 門上希和夫, 柳田真志, 持永啓汰, 第 24 回環境化学討論会札幌市, 2015/6/24-26.

Kong, L., Kadokami, K., Wang, S., Duong, H., T., Chau, H., T., C., Monitoring of 1300 organic micro-pollutants in surface waters from Tianjin, Northern China, 第 24 回環境化学討論会, 札幌市, 2015/6/24-26.

Screening and analysis of 940 organic micro-pollutants in groundwaters in Hanoi and Hochiminh City, Vietnam, Duong, T., H., Kadokami, K., Katayama S, Nguyen, T., Q., 第 24 回環境化学討論会, 札幌市, 2015/6/24-26.

Hong, C., T., C., Kadokami, K., Development of a comprehensive analytical method of polar organic pollutants in water samples by liquid chromatography time-of-flight mass spectrometry, 第 24 回環境化学討論会, 札幌市, 2015/6/24-26.

Allinson, M., Allinson, G., Kadokami, K., Nakajima, D., Scales, P., Knight, A., Zhang, J., Packer, M., Northcott, K., Gray, S., Assessment of Trace Organic Contaminants Removal by an Advanced Wastewater Treatment Plant for Antarctica, 第 24 回環境化学討論会, 札幌市, 2015/6/24-26.

高橋厚, 森大樹, 松村徹, 門上希和夫, 柴田康行, 東日本大震災の被災地における化学物質環境実態追跡調査結果(平成 23 ~ 25 年度調査総括: その 2), 第 24 回環境化学討論会, 札幌市, 2015/6/24-26.

加来菜美, 門上希和夫, 下水処理場における半揮発性化学物質の挙動, 日本水環境学会九州支部発表会, 佐賀市, 2015/2/27.

藤村健二, 佐野拓哉, 門上希和夫, 下水処理場における極性化学物質の挙動, 日本水環境学会九州支部発表会, 佐賀市, 2015/2/27.